

## Металлогения двух крупнейших раннепалеопротерозойских расслоенных мафит-ультрамафитовых интрузивов Балтийского щита

Шарков Е.В., Чистяков А.В.

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН  
г. Москва, e-mail: sharkov@igem.ru

Раннепалеопротерозойские расслоенные мафит-ультрамафитовые интрузивы широко представлены в восточной части Балтийского щита, образуя крупнейшую в мире потенциально-платиноносную провинцию. Все они входят в состав крупной Балтийской изверженной провинции кремнеземистой высоко-Mg серии (КВМС), представленной также дайками габброноритов и лавовым покровами в рифтогенных структурах [5]. Вместе с тем, несмотря на значительную близость строения и вещественного состава этих интрузивов, они существенно различаются по своим металлогеническим особенностям. Так, наибольшим разнообразием и богатством оруденения характеризуется Мончегорский комплекс (Кольский регион), где развиты промышленные месторождения сульфидных Cu-Ni-(ЭПГ), малосульфидных ЭПГ, а также хромитов. В пределах же Бураковского комплекса (Ю. Карелия) пока установлены только промышленные месторождения хромитов, а выявленные масштабы ЭПГ-минерализации невелики. Значительны содержания платиноидов встречены в массивах Федорово-Панских тундр (Кольский регион) и Луккулайсваара (Сев. Карелия). Все остальные массивы характеризуются в целом невысокими содержаниями рудных компонентов и пока не представляют экономического интереса. В настоящем сообщении мы остановимся на металлогенических особенностях крупнейших в Европе расслоенных интрузивах Балтийского щита – Мончегорском и Бураковском комплексах.

### Главные особенности геологического строения Мончегорского и Бураковского комплексов

**Мончегорский комплекс** (Кольский полуостров), образован двумя самостоятельными разновозрастными интрузивами: Мончегорским плутоном ультраосновных и основных пород с возрастом 2.5 млрд. лет и более молодым (2.45 млрд. лет) массивом Монче-Чуна-Волчьих Тундр (Главного хребта), сложенным преимущественно габброидами (рис.1).

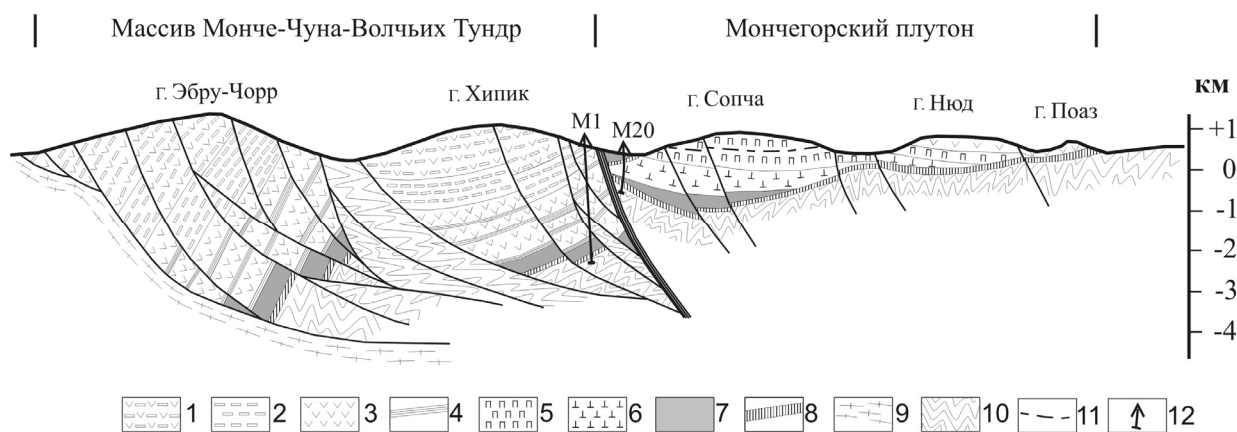


Рис.1. Субширотный разрез Мончетундровского комплекса.

1 - крупнозернистые массивные габбронорит-анортозиты (плагноклазовые кумулаты) с прослоями пижонитовых габброноритов; 2 - трахитоидные габбронорит-анортозиты (P1 кумулаты); 3 - нерасчлененные нориты (Orx+P1 кумулаты) и габбронориты (Orx+Сrx+P1 кумулаты); 4 - зоны ритмичного переслаивания базитовых и ультрабазитовых кумулатов, включая дуниты; 5 - преимущественно бронзититы (Orx кумулаты); 6 - зона ритмичного переслаивания O1+Cht, O1+Orx±Cht и Orx кумулатов в Мончегорском плутоне; 7 - оливин-хромитовые кумулаты (дуниты); 8 - краевые эндо-контактные зоны интрузивов; 9 - гнейсы и мигматиты Лоттинского блока; 10 - диорито-гнейсы и глиноземистые кристаллические сланцы кольской серии, Центральнo-Кольский блок; 11 - «рудный пласт Сопчи»; 12 - положение структурных скважин.

Несмотря на то, что эти интрузивы сложены однотипными кумулатами, они резко различаются по своей кумулятивной стратиграфии и распространенностью пород [5]. Комплекс на рубеже около 2 млрд. лет назад попал в зону регионального Главного Кольского разлома и в настоящее время представляет собой коллаж из тектонических блоков.

Мончегорский плутон имеет в целом серпообразную форму, главными элементами строения которого являются Краевая серия, образованная неравномернозернистыми, преимущественно мелкозернистыми габброноритами, и Расслоенная серии. Она имеет автономную внутреннюю структуру и характеризуются переходом снизу вверх от  $Ol+Crt$  кумулатов к  $Ol+Opx\pm Crt$ , затем  $Opx$ ; завершается сохранившаяся часть разреза  $Opx+Pl\pm Cpx$  кумулатами.

Южное окаймление плутона образовано полосой сильно измененных мафитов и ультрамафитов, известных в качестве Южно-Сопчинского массива и габброноритов предгорий горы Вуручайвенч, наращивающих разрез плутона в его восточной части. Изотопный возраст метапород практически не отличался от МП [2], а их метаморфизм, очевидно, связан с процессами в прилегающих к плутону с юга палеопротерозойских супракристалльных комплексах.

Распределение рудной минерализации в плутоне в целом подчиняется кумулятивной стратиграфии (рис.2). Особый интерес представляют два рудоносных рифа: «рудный пласт Сопчи» (слой тонкорасслоенных перидотитов мощностью 2-3 м с богатой сульфидной Cu-Ni-ЭПГ вкрапленной минерализацией среди макрослоя бронзититов) и горизонты с богатой малосульфидной ЭПГ-минерализацией в метагабброидах Вуручайвенча и юга Сопчи, представляющий собой серию сближенных рудоносных линз [1]. Очевидно, что образование этих рудных горизонтов никак не связано с кристаллизационной дифференциацией расплава в камере плутона, а является результатом внедрения порций рудоносных расплавов в затвердевающую интрузивную камеру [5].

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В МОНЧЕГОРСКОМ РАССЛОЕННОМ ПЛУТОНЕ (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

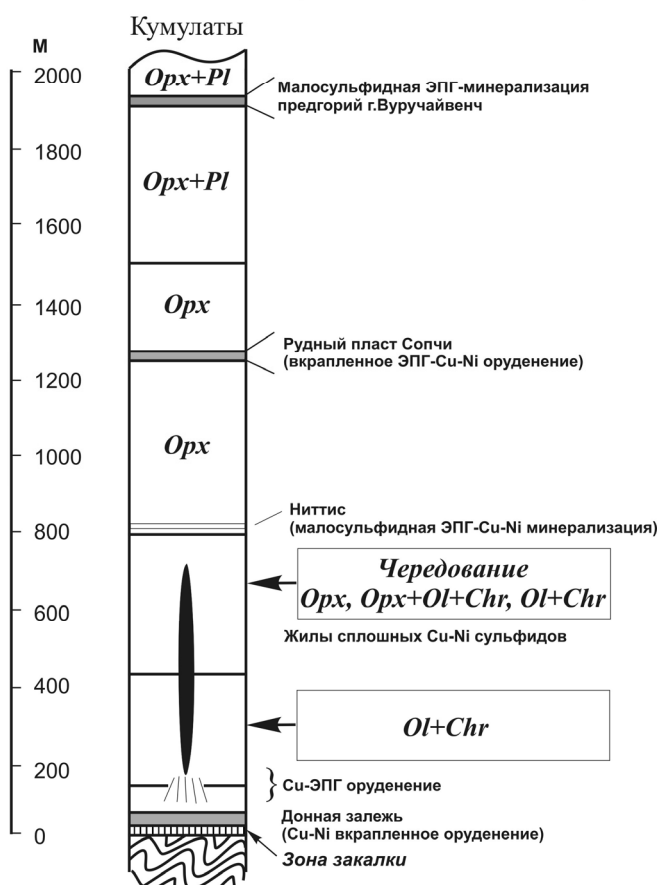


Рис.2. Распределение различных типов рудной минерализации в Мончегорском плутоне.

Особенностью строения западной части МП является наличие крупной линзы дунитов в районе Сопчинских озер, срезающей структуры плутона и отделенной от его пород 20-30 метровой зоной неравномернозернистых норитов и габброноритов, напоминающих образования краевой зоны МП. Примерно в средней части разреза линзы отмечается горизонт хромититов, мощностью которого увеличивается в юго-западном направлении от 5-10 до 35 м [3].

*Массив Главного хребта* (МГХ) образован тремя крупными тектоническими блоками, которые образуют хребты Монче-, Чуна- и Волчьих Тундр, сложенные на поверхности базитами (см. рис. 1). В пределах обнаженных частей массива Главного хребта все разрезы однотипны и подразделяются по вертикали на три зоны (снизу вверх): (1) габброноритов, (2) трахитоидных габбронорит-анортозитов и пижонитовых габброноритов, и (3) массивных габбронорит-анортозитов. Судя по скважинам, пробуренным в зоне сочленения МП и МГХ, под зоной габброноритов наблюдается чередование габбро-анортозитов, габброноритов, оливинных габброноритов, норитов и бронзититов с единичными тонкими прослоями дунитов. В самом низу разреза, на глубинах 2100-2300 м установлен мощный (около 260 м) горизонт дунитов. У контакта с подстилающими архейскими кордиерит-гранат-биотитовыми гнейсами, на глубине наблюдается небольшая краевая зона, мощностью около 40 м, сложенная неравномернозернистыми мелкозернистыми габброноритами и хлорит-актинолитовыми сланцами по габброидам в непосредственном контакте.

Мы полагаем, что Сопчеозерская дунитовая линза в МП является фрагментом нижней части разреза МГХ, прорывавшего затвердевший к тому времени соседний Мончегорский плутон. С этим согласуется и практически идентичный состав оливина и хромита в породах линзы и дунитах низов МГХ. В пределах последнего, в отличие от МП, сульфидная минерализация практически отсутствует, но в породах зоны габброноритов устанавливаются неявно выраженные участки с малосульфидной ЭПГ-минерализацией [1].

Минералы платиновых металлов (МПМ) в первично-магматических сульфидных рудах представлены преимущественно теллуридами и висмутидами Pd и Pt, тогда как в измененных породах комплекса (гора Вуручуайвенч, юг Сопчи и зона сочленения плутона и массива Главного хребта) широким развитием пользуются арсениды, станниды, антимониды и селениды. При этом месторождение горы Вуручуайвенч первоначально представляло собой риф, юга Сопчи – вероятно, донную залежь, а зоны сочленения – переработанные фрагменты ЭПГ-оруденения Мончетундровской части МГХ. Предполагается, что понижение роли сульфидов в рудопроявлениях связано с их окислением в процессах метаморфизма и последующем удалением серы в форме  $SO_2$  и  $SO_3$ .

**Бураковский комплекс** в Заонежье, в отличие от Мончегорского, сохранился в практически неизменном виде. Как и последний, он образован двумя соприкасающимися крупными разновозрастными расслоенными интрузивами: Аганозерским и Шалозерско-Бураковским с возрастом  $2373 \pm 22$  и  $2433 \pm 28$  млн. лет соответственно [4]. Комплекс практически полностью перекрыт четвертичными отложениями, и о его строении можно судить только по геофизическим и буровым данным. Интрузивы сложены однотипными породами, но различаются своей кумулятивной стратиграфией и распространенностью пород. В их разрезе устанавливаются 5 зон: Ультраосновная, Пироксенитов, Габброноритов, Пижонитовых габброноритов и Магнетитовых габбродиоритов (эта зона отсутствует в Аганозерском теле).

Тела Бураковского комплекса по характеру разреза напоминают массив Главного хребта, отличаясь огромной мощностью сложенных в основном дунитами (*Ol-Crt* кумулатами) Ультраосновных зон; судя по геофизическим данным, мощность зоны в Аганозерском теле может достигать 5-6 км. Как и в МГХ, здесь практически отсутствует сульфидная минерализация и установлены только небольшие проявления малосульфидной ЭПГ-минерализации. В дунитах Ультраосновных зон обеих тел присутствуют невыдержанные горизонты хромититов, более характерные для Аганозерского тела, где развит Главный Хромитовый Горизонт мощностью 4.5-7 м, имеющий экономическое значение.

Таким образом, два крупнейших раннепалеопротерозойских расслоенных мафит-ультрамафитовых комплекса Балтийского щита, в свою очередь, образованные двумя однотипными разновозрастными интрузивами. Три из них обладают сходным характером рудной минерализации, где эко-

номическое значение имеют только хромититы, а малосульфидное ЭПГ-оруденение пока не представляет такого интереса. Особняком стоит Мончегорский плутон, где развиты крупные промышленные месторождения сульфидных Cu-Ni-(ЭПГ) руд, а малосульфидные ЭПГ-руды также могут иметь экономическое значение.

#### Обсуждение

Возникает вопрос – с чем связаны различия в характере и масштабах оруденения в аналогичных по составу интрузивах? Очевидно, это объясняется особенностями генерации родоначальных расплавов КВМС, формировавшихся путем крупномасштабной ассимиляции корового вещества высокотемпературными мантийными магмами, очаги которых «всплывали» сквозь литосферу по принципу зонной плавки [5]. Сами исходные ультрамафические расплавы, происшедшие за счет деплетированных мантийных субстратов, были обогащены платиноидами, о чем свидетельствует факт повсеместной «зараженности» подобных интрузивов ЭПГ. Однако этих концентраций было явно недостаточно для формирования крупных месторождений, обычно связанных с эпизодическими внедрениями порций рудоносных магм в затвердевающие интрузивные камеры, что приводило к формированию рудоносных рифов.

Это предполагает, что исходные расплавы таких порций по пути наверх частично ассимилировали платиноиды из пород коры, содержащих ЭПГ. Такие породы должны были содержать S, Cl и H<sub>2</sub>O, способствующих мобилизации и переносу платиноидов и, скорее всего, представляли собой супракрупные образования (горизонты коматиитов, черных сланцев, различных сульфидоносных пород и т.д.). Из рассмотренных интрузивов этому условию соответствует только Мончегорский плутон, прорывающий метаосадки кольской серии архея. Бураковские интрузивы расположены в пределах гранит-зеленокаменных областей, где резко преобладают гранитоиды; соответственно, они лишены подобной минерализации, а МГХ формировался уже после МП, магматическая система которого истощила коровые субстраты летучими и рудными компонентами.

Горизонты хромититов в рассмотренных интрузивах, появление которых также не связано с кристаллизационной дифференциацией, по-видимому, тоже являются своеобразными рифами, происшедшими за счет внедрения в затвердевающие интрузивные камеры порций высокохромистых расплавов. Происхождение таких порций, вероятно, было связано с ассимиляцией расплавом «всплывающего» магматического очага пород сильно истощенной верхней мантии, содержащей подформные месторождения хромитов типа Кемпирсая (Ю. Урал), при его движении сквозь литосферу на первых стадиях формирования магм КВМС. Распределение тел хромититов в истощенной мантии весьма неравномерное, чем, очевидно, и объясняется непредсказуемость появления порций высокохромистых расплавов в рассмотренных магматических системах.

#### Литература

1. Гроховская Т.Л., Бакаев Г.Ф., Шолохнев В.В. и др. Рудная платинометальная минерализация в Мончегорском магматическом комплексе (Кольский полуостров, Россия) // Геология рудн. месторождений. 2003. Т. 45. № 4. С. 329-352.
2. Смолькин В.Ф., Федотов Ж.А., Нерадовский Ю.Н. и др. Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение. В 2-х частях. Апатиты: КНЦ РАН, 2004.
3. Чащин В.В., Галкин А.С., Озерянский В.В., Дедюхин А.Н. Сопчезерское месторождение хромитов и его платиноносность, Мончегорский плутон (Кольский полуостров, Россия) // Геология рудн. месторождений. 1999. Т. 41. № 6. С. 507-515.
4. Чистяков А.В., Шарков Е.В. Петрология раннепалеопротерозойского Бураковского комплекса, Южная Карелия // Петрология. 2008. Т. 16. № 1. С. 101-126.
5. Шарков Е.В. Формирование расслоенных интрузивов и связанного с ними оруденения. М.: Научный мир, 2006. 364 с.

## Минералого-геохимические особенности благороднометалльных метасоматитов Беломорской подвижной зоны (Северная Карелия)

Шевченко С.С.

ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, e-mail: sergei\_shevchenko@vsegei.ru

На территории Балтийского щита зоны метасоматической переработки охватывают структуры, как архея, так и раннего протерозоя. Особое место среди позднеархейских структур занимает Беломорский подвижный пояс, который включает реликты архейского зеленокаменного пояса. Изучение сульфидно-метасоматических зон, развитых на Чупино-Лоухской и Ёнской площадях Беломорского пояса показало, что среди измененных сульфидсодержащих амфиболитов хетоламбинского подкомплекса широко распространены точки минерализации и рудопроявления с высокими содержаниями золота и платиноидов [1].

Хетоламбинский подкомплекс сложен гранатовыми, гранат-полевошпатовыми, диопсидсодержащими амфиболитами и кристаллосланцами, частично мигматизированными, в пространственной ассоциации с которыми располагаются метаанортозиты и метагабброиды имеющие постепенные переходы с их глубоко метаморфизованными аналогами. С ними ассоциируют залежи массивных и прожилково-вкрапленных пирит-пирротиновых руд – так называемые фальбанды, которые являются одной из главных составляющих метасоматических зон.

По минеральному составу метасоматиты Чупино-Лоухской площади отвечают парагенезисам, характерным для трех основных групп метасоматитов: высокотемпературных, среднетемпературных и низкотемпературных [2]. Между ними располагаются и переходные разности, однако ведущие типы метасоматитов каждой группы отличаются своими геохимическими особенностями.

Наиболее широко представлены высокотемпературные метасоматиты - *кварц-микроклиновые гнейсы*, которые в основном они развиваются по биотитовым гнейсам нижней части разреза хетоламбинского подкомплекса. Группу среднетемпературных метасоматитов образуют хлорит-гранатовые, скаполитовые и флогопитовые породы, возникшие по амфиболитам и амфиболовым гнейсам средней и верхней частей разреза хетоламбинского подкомплекса.

Группа *низкотемпературных метасоматитов (пропилитов)* образует наиболее перспективный рудоносный комплекс пород. Так, в пределах Климовского участка он представлен, в основном, хлоритовыми (эпидот-хлоритовыми) разностями, содержащими пирротин, пирит и халькопирит. Ведущим минералом в них является хлорит, с которым ассоциирует эпидот. Для пород характерно постоянное присутствие богатой (10-30 об.%) сульфидной вкрапленности, представленной пирротином, реже пиритом, халькопиритом и др. В тесной пространственной связи с пропилитами располагаются линзовидные горизонты массивных сульфидных руд, которые приурочены к осевым частям горизонтов метасоматитов и по минеральному составу они близки к вкрапленному сульфидному оруденению пропилитов, с которым связаны переходами. Тела массивных колчеданных руд обрамляются ореолами развития более поздних хлорититов. В меньшей степени в этой же группе представлены кварц-карбонатные, кварц-серицитовые (фукситовые) метасоматиты (листвениты), которые образуют скопления секущих прожилков кварц-карбонатного, тальк-тремолит-карбонатного, мусковит-тремолит-карбонатного состава.

Метасоматиты, слагающие выдержанные по простиранию и падению тела с аномально высокими концентрациями благородных металлов, образуют рудоносные горизонты. В пределах Климовско-Хетоламбинской зоны развития метасоматитов выделяются два типа рудоносных пород, наиболее перспективных на обнаружение промышленного благороднометалльного оруденения. Первый, представленный согласно залегающими горизонтами пропилитизированных амфиболитов – хлоритовых и флогопитовых метасоматитов, имеет площадное распространение и образует выдержанные, согласные с напластованием, сравнительно мощные тела. Второй – представлен линейными крутопадающими секущими зонами прожилковой Au-Ag-Vi минерализации.

Наиболее продуктивными в отношении золота и ЭПГ являются горизонты пропилитов, развитых по амфиболитам, главную роль среди которых играют сульфидоносные хлоритсодержащие породы: хлорититы, эпидот-хлоритовые сланцы и хлорит-флогопитовые разности. По сложно построенному ру-